

学校编号:10384

分类号

密级

学 号:9733003

UDC<sup>注册</sup>

# 学 位 论 文

## 塑料抗静电剂 十二烷基二乙醇胺的合成和反应动力学研究

李 颜

指导教师姓名 高 浩 其 教授

厦门大学化学工程系

申请学位级别 硕士 专业名称 化学工程

论文提交日期 论文答辩日期

学位授予单位和日期

答辩委员会主席

论文评阅人

2000 年 6 月 日

厦门大学博士论文摘要库

## 摘要

本文以 1-溴十二烷和二乙醇胺作为原料,通过霍夫曼烷基化  $S_N2$  亲核取代反应合成一种塑料抗静电剂十二烷基二乙醇胺。考察了搅拌速度,NaOH、 $K_2CO_3$ 、 $Na_2CO_3$  等无机碱,催化剂聚乙二醇 400、KI 等对反应速度、反应选择性的影响。结果表明在搅拌速度大于 300rpm 时反应速度不再增加,NaOH 降低主反应的选择性, $K_2CO_3$ 、 $Na_2CO_3$  能提高反应的选择性,催化剂聚乙二醇 400、KI 对反应速度影响不明显。

实验测定了该反应的反应级数、表观活化能和频率因子,该亲核取代反应的表观反应动力学方程式可完整写为:  $r = d[AS]/dt = 2.67 \times 10^7 e^{-86448/RT} [DBr]^{1.12} [DEA]^{1.08}$ 。

用  $L_9(3^4)$  正交表设计试验,以产物的胺值作为考察指标,考察了反应条件如反应温度(C),反应时间(D),碳酸钠与 1-溴十二烷摩尔比(B),二乙醇胺与 1-溴十二烷摩尔比(A)对反应的影响,用极差分析法确定显著性因素,实验结果表明反应温度(C)是主要影响因素,影响因素次序为:  $C > D > A > B$ ; 确定了最优合成条件为反应温度=120℃,反应时间=6 小时,碳酸钠:二乙醇胺:1-溴十二烷(摩尔比)=0.55:1.05:1.0。

在最优合成条件下合成的产物胺值为 195.1mgKOH/g。用红外光谱对合成的 AS 抗静电剂进行了结构表征,结果表明其红外光谱谱图与 ICI 公司抗静电剂 Atmer163,标准物二(2-羟乙基)椰子胺的红外光谱谱图完全一致;气相色谱和质谱的分析结果表明,AS 抗静电剂含量为 93.74%,杂质主要为十二烷基溴,从原料十二烷基溴中带来的十二醇,副产物碳十二烯烃,残余溶剂甲苯。

本文制定了合成的 AS 抗静电剂的产品规格为:二级品胺值不小于 180mgKOH/g,一级品胺值不小于 200mgKOH/g。对该合成工艺方案进行了经济核算,表明本工艺路线合成的抗静电剂具有较好的经济效益。初步比较了 1-氯十二烷作为合成原料的结果,提出用高真空精馏方法从二级品制备一级品以及三废的处理方案。

关键词: 十二烷基二乙醇胺 塑料抗静电剂 合成

## The Study on Synthesis and Reaction Kinetics

## of Plastics Antistatics Agent Dodecyldiethanolamine

(Department of Chemical Engineering ,Xiamen University)

Li Yan

## Abstract

In this thesis, a plastics antistatics agent dodecyldiethanolamine was synthesized from 1-bromododecane and diethanolamine by Hofmann alkylation nucleophilic substitution  $S_N2$  reaction. The effect of the speed of agitation, NaOH,  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$  et al. inorganic bases, PEG400, KI et al. catalysts on the speed of reaction and selectivity of reaction was studied. There was no effect of the speed of agitation on the rate of reaction above 300rpm. Adding NaOH decrease the selectivity of reaction,  $K_2CO_3$ ,  $Na_2CO_3$  accelerate the selectivity of reaction, The effect of catalyst PEG400, KI on the speed of reaction was not notable.

The reaction order apparent activation energy  $E$  and arrhenius factor were determined. The apparent reaction kinetics equation of the nucleophilic substitution reaction could be writed:  $r = d[AS]/dt = 2.67 \times 10^7 e^{-86448/RT} [DBr]^{1.12} [DEA]^{1.08}$ .

The design matrix of the  $L_9(3^4)$  orthogonal array was used to assemble the experiments, the amine value was used to as investigative specification. The effect of reaction conditions were discussed such as the reaction temperature (C), the reaction time (D), the mole ratio of sodium carbonate to 1-bromododecane (B), the mole ratio of diethanolamine to 1-bromododecane (A). The analysis results of the orthogonal array experimental design in this study showed that the reaction temperature is the most important factor, the order of the factor was  $C > D > A > B$ . The optimum conditions of the synthesis is : reaction temperature = 120  $^{\circ}C$ , reaction time = 6 hour, sodium carbonate: diethanolamine: 1-bromododecane (mole ratio) = 0.55:1.05:1.0.

The amine value of the product synthesized with the optimum conditions is 195.1mgKOH/g. The IR spectrograms of the product, the antistatic agent Atmer 163 of ICI corp. and standard substance bis(2-hydroxyethyl)cocoamine are same. The results of gas chromatograph-mass spectrometer analysis showed that the purity of AS antistatic agent is 93.74%, the impurities mainly is 1-bromododecane, dodecyl alcohol from 1-bromododecane, side product dodecene, residual solvent toluene.

In this study the product specification of the synthesized AS antistatic agent is designed, the main specification is: the amine value of the second-rate product is no less than 180mgKOH/g, the amine value of the first-rate product is no less than 200mgKOH/g. Preliminary cost calculations of this design of synthesis have shown that the design of synthesis is economical. In addition, the results starting from 1-chlorododecane was compared, and proposed to prepare the first-rate product from the second-rate product with high vacuum distillation and how to treat with the waste water.

**Keyword: Dodecyldiethanolamine**  
**Synthesis**

**Plastics Antistatic Agent**

厦门大学博硕士论文摘要库

# 目录

1 引言	6
1.1 概况	6
1.2 塑料静电的产生、危害及抑制措施	7
1.2.1 塑料静电的产生	7
1.2.2 塑料静电的危害	9
1.2.3 塑料静电的抑制措施	9
1.3 抗静电剂的作用机理	10
1.4 抗静电剂的化学结构和分类	11
1.4.1 根据使用方法分类	11
1.4.1.1 涂敷型（外加型）	11
1.4.1.2 混炼型（内加型）	11
1.4.2 根据化学结构分类	12
1.4.2.1 阴离子型抗静电剂	12
1.4.2.2 阳离子型抗静电剂	13
1.4.2.3 两性离子型抗静电剂	13
1.4.2.4 非离子型抗静电剂	14
1.5 抗静电剂的选择和应用	16
1.6 抗静电剂的性能评定	18
1.7 抗静电剂的发展动向	18
2 烷基二乙醇胺抗静电剂	21
2.1 特性	21
2.2 合成途径	22
2.2.1 二甲基烷基胺的工业合成方法	22
2.2.2 烷基二乙醇胺的合成途径	23
2.3 反应机理	23
2.3.1 $S_N2$ 反应机理	24
2.3.2 反应速度	24
2.3.3 卤代烷中烷基对反应速度的影响	25
2.3.4 卤代烷中离去基团卤素对反应速度的影响	25
2.3.5 亲核试剂的亲核性	25
2.3.6 溶剂效应	25
3 实验	26
3.1 实验试剂	26
3.2 实验方法	26
3.3 实验分析方法	27
3.4 反应体系	28

3.4.1 搅拌速度.....	28
3.4.2 反应体系的确定.....	28
4 反应动力学研究.....	31
4.1 反应级数.....	31
4.1.1 求 DBr 的反应级数 $m$ .....	32
4.1.2 求 DEA 的反应级数 $n$ .....	33
4.2 表观活化能 $E$ .....	33
4.3 表观反应动力学方程.....	34
5 合成工艺.....	35
5.1 正交试验.....	35
5.1.1 配料比 A 对合成产品胺值的影响.....	37
5.1.2 配料比 B 对合成产品胺值的影响.....	37
5.1.3 反应温度 C 对合成产品胺值的影响.....	38
5.1.4 反应时间 D 对合成产品胺值的影响.....	39
5.2 最佳合成条件验证.....	40
5.3 合成工艺路线.....	41
6 合成产物.....	41
6.1 产物表征.....	41
6.1.1 红外光谱表征.....	41
6.1.2 气相色谱/质谱 (GC/MS) 表征.....	42
6.2 产品规格.....	44
7 讨论.....	46
7.1 合成原料的选择.....	46
7.2 产物提纯.....	47
7.3 三废处理.....	47
7.4 抗静电母粒的研制.....	47
7.5 产品成本核算.....	47
8 结论.....	49
9 参考文献: .....	49
附录.....	52
致谢.....	75

# 1 引言

## 1.1 概况

随着合成高分子材料科学和工程在半个世纪以来的飞速发展，合成材料制品由于具有轻量、外观优美、电绝缘性好及易于加工成型等特点，已广泛用于人们生活、工作的方方面面。如电器、机器、仪表、仪器等外壳，电线电缆外套，建筑材料，装饰材料，纺织品，日用品，包装薄膜等。然而，塑料等合成材料制品在显示高绝缘性的同时往往伴随着静电的积累，由此产生吸尘，加工困难，印刷、涂装质量不佳，人体电击，电器故障及着火、爆炸等事故。作为消除方法之一，人们研究了抗静电剂，在合成材料中添加抗静电剂已成为最普通的抗静电方法。

八十年代以来，由于塑料制品在电子包装、仪器仪表部件等特殊应用领域用量的增加，以及世界各国相继制定和颁布了各种防静电法规，各类抗静电剂的市场需求逐步提高，抗静电剂的年增长率都稳定在 10% 以上，如美国 1970 年塑料用抗静电剂销售量为 1100 吨，1978 年销售量为 2150 吨，1990 年达 6200 吨。日本、西欧情况与美国类似，在抗静电剂品种构成中，乙氧基化脂肪胺约占 48%，脂肪族磺酸盐占 25%，极性脂肪酸酯占 16%，季胺化合物 2%，其他 9%<sup>[1,2]</sup>。

我国塑料抗静电剂的研究开发工作起步较晚，与国外相比，品种和质量都存在着一定的差距。随着我国石化工业的发展以及大型乙烯装置的引进、建造以及塑料加工业的迅速发展，促进了塑料抗静电剂的研制工作，我国已研制生产的抗静电剂产品见表 1。

表 1 我国已研制生产的抗静电剂<sup>[3,4]</sup>

研制生产单位	商品名称	主要成分	适用树脂
旅大市轻工研究所	烷基苯氧基丙	同左	PVC、ABS、PE、
	烷磺酸钠		PP



	硬化棉籽油单 甘脂	同左	PP
上海助剂厂	抗静电剂 SN	十八烷基羟乙基二 甲胺硝酸盐	PVC、PET
北京市化工研究所	ASA 系列	非离子型复配物、季 胺盐	PE、PP、PS、ABS、 PVC
杭州市化工研究所	HZ-1	乙氧基烷基胺	PE、PP、ABS
	ECH	烷醇酰胺	PS、PP、PVC
	HKD 系列	季胺盐	PVC
济南市化工研究所	JH 非离子型	乙氧基烷基胺	PE、PP、ABS
天津师大化学系	ECH	烷醇酰胺	PS、PP、PVC

我国抗静电剂 95 年产量 600 吨，仅用于必须抗静电的电子元器件，按轻工总会“九五”规划，2000 年电子电器需塑料 50 万吨，按 0.5%加量计算，需抗静电剂 2500 吨<sup>[5]</sup>。同时，我国引进的乙烯装置配套助剂中都有抗静电剂，如茂名石化乙烯工业公司聚丙烯装置年耗静电剂抗 Atmer -163 14.2 吨，全密度聚乙烯装置年耗抗静电剂 AS-990 31.7 吨<sup>[6]</sup>。

在二十一世纪，由于合成材料技术的发展和全球经济的一体化，我国塑料加工业将保持较高的增长趋势，塑料制品在电子、仪表、电器、电子计算机、航空等高新技术产业中应用更加广泛，对抗静电剂性能要求更加严格，这都对抗静电剂的研究开发带来了新的机遇和挑战。

## 1.2 塑料静电的产生、危害及抑制措施

### 1.2.1 塑料静电的产生

根据接触电位学说，在两种不同物质的接触面，表面位能的差别会导致电子的受授，即产生接触电位差，使一方带正电，另一方带负电。

表面电阻率和体积电阻率是反映塑料静电蓄积程度的重要指标。表 2 是部分常用塑料的体积电阻率。一般体积电阻率越大，导电率就越低，塑料制品越容易

蓄积静电。

表 2 常用塑料的体积电阻率<sup>[1]</sup>

聚合物	体积电阻率 (Ω·cm)
聚乙烯 (PE)	$10^{16} \sim 10^{20}$
聚丙烯 (PP)	$10^{16} \sim 10^{20}$
聚苯乙烯 (PS)	$10^{17} \sim 10^{19}$
聚四氟乙烯 (PTFE)	$10^{15} \sim 10^{19}$
ABS 树脂	$4.8 \times 10^{16}$
聚碳酸酯 (PC)	$2.1 \times 10^{16}$
聚氯乙烯 (PVC)	$10^{14} \sim 10^{16}$
聚甲基丙烯酸甲酯 (PMMA)	$10^{14} \sim 10^{15}$
聚氨酯 (PU)	$10^{13} \sim 10^{15}$
聚酰胺 (PA)	$10^{13} \sim 10^{14}$
聚酯 (PET、PBT)	$10^{12} \sim 10^{14}$
环氧树脂	$10^8 \sim 10^{14}$
酚醛树脂	$10^9 \sim 10^{12}$
聚乙烯醇 (PVA)	$10^7 \sim 10^9$

可见,聚合型塑料的体积电阻高,聚烯烃等更显著,缩合型塑料的体积电阻较低,尤其是带有-OH、-NH<sub>2</sub>、-COOH 等极性亲水基团的塑料体积电阻率更低。

表面电阻率反映了塑料制品的静电性能,同时也为塑料制品的应用提供了参考依据,表 3 是具有不同表面电阻率的塑料制品的带电现象和应用特点。

表 3 塑料的表面电阻率与带电现象<sup>[7]</sup>

表面电阻率 (Ω)	带电现象	应用目的	举例
$\geq 10^{13}$	静电蓄积	绝缘制品	电线、电缆包皮防尘
$10^{12} \sim 10^{13}$	带电	防止静态下的静电危害	防尘
$10^{10} \sim 10^{12}$	带电后迅速衰减	防止动态下的静电危害	薄膜、纤维制备工艺
$10^9 \sim 10^9$	不带电	防止静电蓄积	电子元件包装膜

$10^7 \sim 10^9$	不带电	赋予导电性	导电剂
------------------	-----	-------	-----

一般来说，要达到防止静电蓄积的要求，塑料制品的表面电阻率必须降至  $10^{12}\Omega$  以下。

### 1.2.2 塑料静电的危害

在塑料制品的使用过程中，由于其高电阻率往往容易产生静电积累。这些静电荷在塑料表面停留，引起吸力和斥力，产生电击、火花放电。一般最常见的危害现象有：塑料制品表面出现严重的积垢；包装薄膜吸尘影响外观；静电吸尘后影响 CD 影音质量；化纤地毯、织物因静电使人感到“电击”现象的不适；静电的斥力使油墨等在塑料表面附着不均；塑料膜、片之间因静电粘着而影响正常生产；在气流输送过程使固体粉末聚成团块；静电荷大量聚集而产生的放电火花，可导致可燃性气体、有机溶剂蒸汽及粉尘燃烧或爆炸，给工业生产带来危害。近二十年来，我国石化企业发生较大的静电事故 20 余起，大多是由于设备与塑料等绝缘零部件之间的油品流动等引起静电放电造成的。近年来，集成电路和计算机迅速普及，在这些领域中，塑料制品的静电危害尤为突出。据报道，仅 1981 年美国电子元件因静电造成的损失达五亿美元以上<sup>[2]</sup>。

国外许多国家都相继制定了各种防静电法规，我国煤炭部在 MT141-86《矿用塑料网检验规范》等文件中明确规定：凡用于煤矿井下的塑料制品，其表面电阻必须小于  $10^9\Omega$ ；中石化集团公司也提出了防止静电危害十条规定<sup>[8]</sup>；家用电器和电子工业所用的塑料制品都须具有抗静电和防尘性能。

### 1.2.3 塑料静电的抑制措施

塑料制品的抗静电方法很多，概括起来有以下几类：

- (1) 增加塑料制品环境的相对湿度。
- (2) 利用电离器增加空气的导电率
- (3) 安装导电装置
- (4) 电晕放电处理表面，氧化处理表面，或用等离子体处理表面。
- (5) 涂装导电涂料
- (6) 电镀金属箔
- (7) 共混或添加碳黑、金属粉末、导电聚合物等

### (8) 表面涂敷抗静电剂

### (9) 添加抗静电剂

综合评价其成本、效能、实施性等诸多因素，结果表明使用抗静电剂是当今抗静电技术领域最为普遍和实用的手段。为此，抗静电剂已成为众多塑料添加剂中的重要类型。

## 1.3 抗静电剂的作用机理<sup>[9]</sup>

抗静电剂是指添加于塑料内部或涂敷在其制品表面，降低塑料制品的表面电阻率或体积电阻率，防止静电蓄积的化学助剂。从化学结构来分，目前实用的抗静电剂主要是表面活性剂。

经典理论认为，在两个不同物体相互摩擦时，电子离开一个物体的表面而吸附在另一个物体的表面，失去电子的物体带正电，得到电子的物体带负电。摩擦过程中电荷在不断产生的同时也不断消失，电荷的散逸一般有摩擦体自身的体积传导、表面传导和向空气中辐射三种途径。

表面活性剂型抗静电剂的作用机理是降低塑料的表面电阻率，通过表面传导的方式使蓄积在塑料制品表面的静电荷有效散逸从而达到抗静电的目的。

抗静电剂可以直接涂敷在制品的表面，也可以在塑料成型时混炼在塑料内，经过一段时间后迁移至表面，其中含有链烷基的疏水基团指向塑料内部，而亲水基团则趋于指向外部。

一般的表面活性剂型抗静电剂都具有一定的吸湿能力，其分子中的亲水基团与空气中水分子氢键作用产生多层水分子层，并且由于其表面活性剂的特征，抗静电剂可减少水和塑料之间的界面接触角，因此可使水更均匀地分布在塑料表面，形成的水膜膜厚与大气湿度成函数关系，在一定的湿度下表现出一定的表面导电能力，特别是当水膜中含有微量杂质如电解质时，由于含有电解质的水溶液能形成水合离子，静电荷就可以通过它进行迁移，因而其导电性要比纯水高出许多。

离子型抗静电剂的极性部分还能够提供离子导电的途径，带有-OH或-NH<sub>2</sub>基团的非离子型抗静电剂可以通过氢键联成链状，即使在较低大气湿度下仍有抗静电能力。

还有学者认为，除离子传导机理外，还存在电荷交换，这是由于水在塑料表面和环境

之间的不断交换而产生的, 塑料表面的抗静电剂则充当了电荷交换接触点。

在正常用量范围(0.05~4.0%)内使用抗静电剂, 可使塑料表面电阻从  $10^{14} \sim 10^{16} \Omega$  降至  $10^8 \sim 10^{10} \Omega$  左右, 若要再进一步降低其表面电阻率, 就只能用提高体积电导率的方法, 用电子传导代替离子传导担负抗静电作用。在塑料中加入碳黑、金属粉末等导电性物质, 是提高塑料体积电导率的有效措施, 主要适用于电磁屏蔽和抗静电要求非常高的场合, 但同时亦有降低塑料物性和稳定性以及外观不良等弊端。

还有一类型烷氧基有机金属化合物如烷氧基钛酸酯、锆酸酯等, 它们在塑料中形成有机金属化合物内部电子传递通路, 传递静电荷, 其导电性与环境湿度无关, 对聚烯烃塑料有明显的抗静电作用。

#### 1.4 抗静电剂的化学结构和分类

抗静电剂种类繁多, 习惯上根据其使用方法和化学结构进行分类。

##### 1.4.1 根据使用方法分类<sup>[10]</sup>

###### 1.4.1.1 涂敷型(外加型)

涂敷型是将抗静电剂溶于水、醇等溶剂中, 通过浸渍、喷涂或刷涂等方法处理塑料制品表面, 干燥脱除溶剂后得到抗静电剂膜包覆表面的塑料制品。这种使用方法优点是速效而且适用面广, 许多因热稳定性欠佳而不宜混炼使用的抗静电剂都可以以这种方式使用, 较少用量就可以使塑料表面电阻率达到  $10^8 \sim 10^9 \Omega$  的水平, 并且几乎不受塑料类型、加工条件的限制, 缺点是耐久性差, 这主要是由于抗静电剂膜在使用中容易因摩擦、水洗而脱落。

###### 1.4.1.2 混炼型(内加型)

混炼型是将抗静电剂在塑料加工时混炼到塑料中并均匀分布在整个塑料制品中。这类抗静电剂与塑料的相容性有限, 加工后经过一段时间就会迁移到塑料制品表面, 形成具有取向特征的抗静电剂分子层, 其中亲水基伸向空气, 亲油基在塑料内部。由于塑料内部的抗静电剂分子可以向塑料表面迁移, 即使表面的抗静电剂在加工、使用过程中因摩擦、洗涤等原因而脱落、缺损, 也会得到源源不断的补充, 从而保证持久的抗静电效果。这种使用方法优点是添加量少, 抗静电

持久性好，缺点是抗静电即时性较差，并且对加工温度、制品性能等条件较为敏感。

#### 1.4.2 根据化学结构分类<sup>[1]</sup>

根据抗静电剂分子中的亲水基能否电离，抗静电剂可以分为离子型和非离子型。如果亲水基电离后带负电则为阴离子型，带正电则为阳离子型。如果抗静电剂分子电离后分别带有正、负电荷时，则为两性离子型，表 4 是表面活性剂型抗静电剂的主要品种。

表 4 表面活性剂型抗静电剂的主要品种

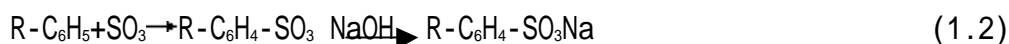
种类	结构	主要组成	适用树脂	特点
阴离子型	磺酸盐	亲油基：烷基、芳烷基	PE、PP、PS、ABS、PVC	对材料机械性能影响较大，导致抗冲击强度下降
	磷酸盐	亲油基：醇、醇（酚）醚		
阳离子型	季胺盐	亲油基：单（双）烷基 离子对：卤素等	PVC、PS	抗静电效果好，热稳定性差，有着色作用，毒性大
两性型	季胺内盐 两性咪唑啉 氨基酸盐	阳离子：烷基（酰）胺、咪唑啉 阴离子：羧酸盐	PE、PP、PS、ABS	抗静电性能较好
非离子型	脂肪酸多元醇酯	亲油基：烷基 亲水基：羟基	PE、PP、ABS	与树脂相容性好，抗静电效果好，无毒、低毒
	乙氧基加成物	亲油基：烷基（酰）胺、烷基醇（酚） 亲水基：乙氧基		

##### 1.4.2.1 阴离子型抗静电剂

阴离子型抗静电剂耐热性和抗静电效果都较好，但与塑料相容性差。

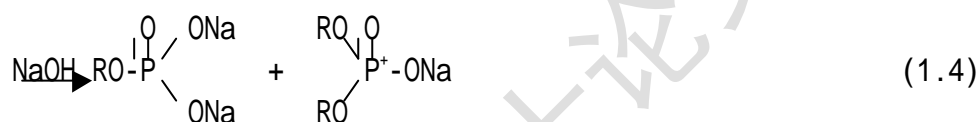
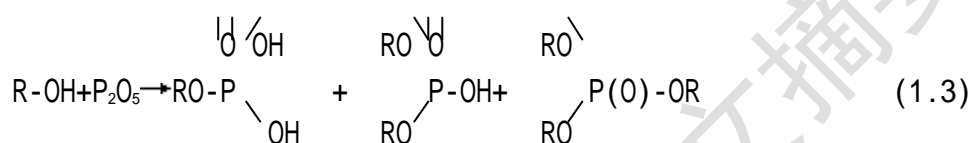
### (1) 磺酸盐

烷基磺酸盐系由石蜡烃或烷基苯与发烟硫酸或三氧化硫磺化, 然后再用碱中和制得。



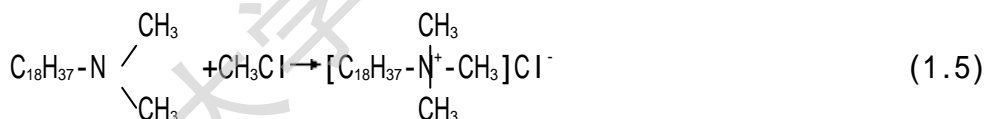
### (2) 磷酸盐

磷酸盐系由醇、醇醚、酚醚与  $P_2O_5$  或  $POCl_3$  反应然后用碱中和制得。



#### 1.4.2.2 阳离子型抗静电剂

季胺盐抗静电剂对高分子材料有很强的附着力, 作为外部抗静电剂使用有良好的抗静电性, 季胺盐系由叔胺与烷基化试剂反应制得。

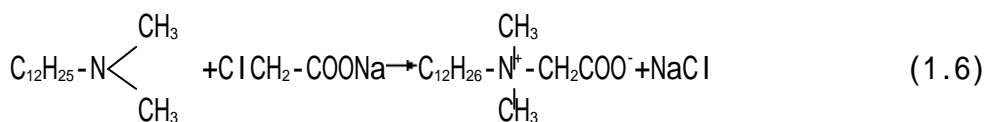


#### 1.4.2.3 两性离子型抗静电剂

两性离子型抗静电剂最大特点是既能与阴离子型抗静电剂配伍使用, 又能与阳离子型抗静电剂配伍使用, 对高分子材料也有很强的附着力。

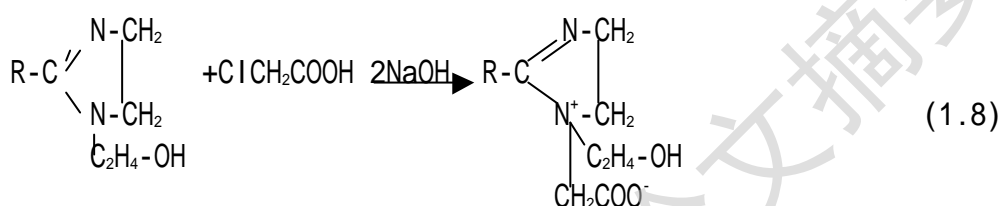
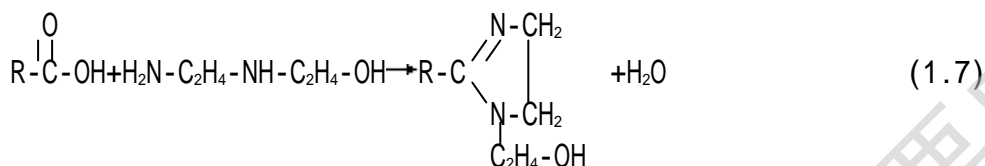
##### (1) 季胺内盐

通常用长烷基链的叔胺与一氯醋酸钠反应制得。



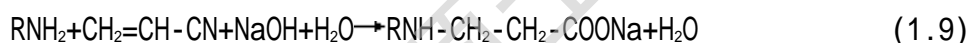
## (2) 两性烷基咪唑啉

系以高级脂肪酸（如月桂酸、硬脂酸等）与 N-（氨基乙基）乙醇胺为原料先合成 1-β-羟乙基-2-咪唑啉，然后用一氯乙酸两性化而得。



## (3) 烷基氨基酸

主要有烷基氨基丙酸型和烷基氨基乙酸型，合成方法如下：

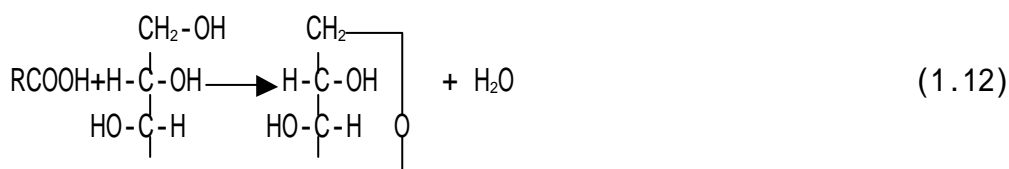
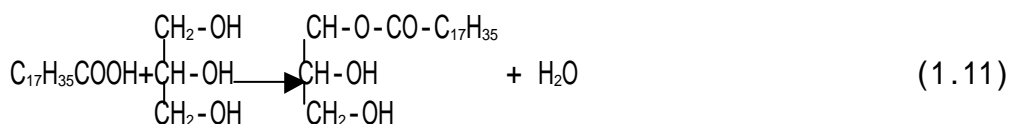


### 1.4.2.4 非离子型抗静电剂

非离子型抗静电剂由于自身不能电离，所以其抗静电性明显不及可以通过导电来传导电荷的离子型抗静电剂。但是，非离子型抗静电剂热稳定性良好，一般不对塑料配合物产生有害影响，多数产品无毒或低毒。据统计，塑料抗静电剂中 60% 以上是非离子型抗静电剂。

#### (1) 多元醇脂肪酸酯

多元醇酯是最早使用的混炼型抗静电剂之一，主要品种有单硬脂酸甘油酯和脂肪酸山梨醇酐酯，合成方法如下：





Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库